



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

Offenlegungsschrift  
⑩ DE 42 10 817 A 1

⑤1 Int. Cl. 5:  
H 02 M 3/28

②1 Aktenzeichen: P 42 10 817.9  
②2 Anmeldetag: 1. 4. 92  
④3 Offenlegungstag: 7. 10. 93

DE 42 10 817 A 1

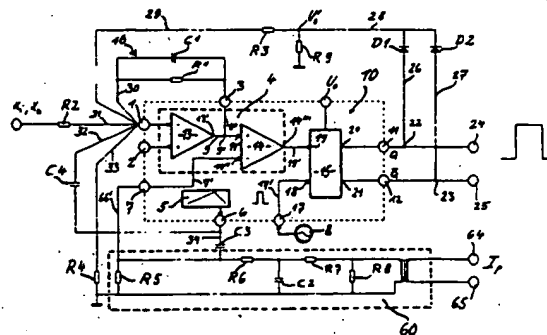
⑦1 Anmelder:  
Gossen GmbH, 8520 Erlangen, DE

⑦4 Vertreter:  
Hafner, D., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Stipl, H.,  
Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anwälte, 90482 Nürnberg

⑦2 Erfinder:  
Rauh, Josef, 8500 Nürnberg, DE; Edel, Horst, 8520  
Erlangen, DE; Bauer, Hermann, 8504 Stein, DE

⑤4 Elektronischer Pulsweitenregler

⑤7 Die Erfindung betrifft einen elektronischen Pulsweitenregler, insbesondere zum Einsatz in strom- und spannungsgeregelten Netzgeräten mit einem Taktgenerator, dessen Takteingang durch eine vorgebbare Taktfrequenz ansteuerbar ist, wobei die ausgangsseitige Pulsweite von einem an einem Eingang des Taktgenerators anliegenden Ausgangssignal einer Fehlervergleichs-Verstärkerschaltung abhängig ist, die über ein Gegenkopplungsnetzwerk gegengekoppelt ist, und wobei die von den Ausgängen des Taktgenerators gewonnenen Ausgangssignale als Schalter-Ansteuerungssignale einer nachgeordneten Verstärkerstrecke zuführbar sind, wobei vom Eingang (41) oder Ausgang (42) der Strecke (40) oder aus der Strecke (40) heraus ein Rückkopplungsweig (51, 54 bzw. 55, 56, 53, 54 bzw. 52, 53, 54) zu einem Eingang (1; 46) der im Pulsweitenregler (10) enthaltenen Fehlervergleichs-Verstärkerschaltung (4) zusätzlich vorgesehen ist, derart, daß das an einem Ausgang (3) der Fehlervergleichs-Verstärkerschaltung (4) vorliegende Signal eine Sägezahnfunktion ist, deren Steigung von der Pulsweite der Ausgangssignale des Taktgenerators (15) abhängig ist.



DE 42 10 817 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen elektronischen Pulsweitenregler, insbesondere einen Pulsweitenregler zum Einsatz in strom- und spannungsgeregelten Netzgeräten.

Bekannte elektronische Pulsweitenregler weisen einen Taktgenerator auf, dessen Takteingang durch eine vorgebbare Taktfrequenz ansteuerbar ist. Die ausgangsseitige Pulsweite ist von einem an seinem Eingang anliegenden Ausgangssignal einer Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung abhängig, die in an sich bekannter Weise über ein Gegenkopplungsnetzwerk gegengekoppelt ist. Die von den Ausgängen des Taktgenerators gewonnenen Ausgangssignale, d. h. Impulssignale unterschiedlicher Impulslänge, werden als Schalter-Ansteuersignale einer nachgeordneten Verstärkerstrecke zugeführt.

Beispielsweise können die Steuersignale eine Frequenz von 100 kHz aufweisen. Werden sie einer Schaltungsanordnung aus Leistungstransistoren zugeführt, läßt sich dadurch eine vorhandene Gleichspannung zerhacken und über einen Leistungsübertrager auf eine Sekundärseite eines Netzgerätes übertragen, in dem in üblicher Weise noch eine Siebung und Dämpfung der zerhackten Gleichspannung vorgenommen wird. Am Ausgang dieser sekundärseitigen Schaltungsanordnung stehen dann Strom und Spannung in der eingestellten, gewünschten Form zur Verfügung.

Zur Regelung derartiger Netzgeräte ist es z. B. bekannt, Strom- und Spannungsverstärker vorzusehen, die beide über eine Referenzquelle versorgt werden. In diesen Verstärkern wird die zu regelnde Größe  $U_A$  oder  $I_A$ , d. h. Ausgangsspannung oder -strom, mit dem jeweiligen Referenzsignal verglichen. Die aus dem Vergleich gewonnenen Regelsignale  $x_u$  und  $x_i$  werden einer Oder-Schaltung zugeführt. Das Ausgangssignal wird dem vorhandenen Pulsweitenregler zugeführt und mit dem Ausgangssignal einer üblichen unterlagerten Stromschleife verglichen. Daraus wird die für diesen Arbeitspunkt benötigte Pulsbreite, d. h. die Breite der Steuersignaleimpulse abgeleitet.

Eine Regelvorrichtung der im Vorangehenden erläuterten Art läßt sich relativ problemlos dann einsetzen, wenn die getakteten Netzgeräte einfacher Bauart sind, d. h. entweder der Strom oder die Spannung regelbar ist. Für Netzgeräte mit einem sehr weiten Regelbereich für Strom und Spannung treten im Regelkreis nicht unerhebliche Stabilitätsprobleme auf, die mit Regelvorrichtungen nach dem Stand der Technik nicht mehr zu bewältigen sind.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, einen elektronischen Pulsweitenregler zum Einsatz in strom- und spannungsgeregelten Netzgeräten derart weiterzubilden, daß die Regelgrößen über die weiten Einstellbereiche ausreichend große Stabilitätsreserven aufweisen.

Diese Aufgabe wird, ausgehend von einem elektronischen Pulsweitenregler nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß vom Eingang oder Ausgang der Strecke oder aus der Strecke heraus ein Rückkopplungszweig zu einem Eingang der im Pulsweitenregler enthaltenen Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung zusätzlich vorgesehen ist, derart, daß das an einem Ausgang der Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung vorliegende Signal eine Sägezahnfunktion ist, deren Steigung von der Pulsweite der Ausgangssignale des Pulsweitenreglers abhängig ist.

Aufgrund der erfindungsgemäßen Schaltungsmaß-

nahmen (insbesondere ungewöhnliche Addition digitaler Signale mit analogen Signalen) ergibt sich eine Erhöhung der Stabilität im weiten Arbeitsbereich. Derart rückgekoppelte Pulsweitenregler können aber nicht nur in Schaltnetzteilen, sondern auch beispielsweise in Motor-Steuerungen eingesetzt werden, die mittels Pulsweitenmodulation geregelt werden. Auch dort treten Probleme auf, wenn weite Regelbereiche angestrebt werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung werden durch die Merkmale der Unteransprüche erreicht.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn das durch den zusätzlichen Rückkopplungszweig gewonnene Einkoppelsignal am Eingang der Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung aus rechteckigen Impulsen mit fester Taktfrequenz besteht. Darüber hinaus hat es sich als günstig erwiesen, wenn die negative Flanke der Sägezahnfunktion, welche das am Ausgang der Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung vorliegende Signal darstellt, wesentlich steiler ist als die positive Flanke dieser Sägezahnfunktion.

Gemäß weiterer Ausgestaltung der Erfindung enthält der zusätzlich vorgesehene Rückkopplungszweig steuerbare Halbleiter, über die die Ausgänge des Pulsweitenreglers miteinander verknüpft sind.

Darüber hinaus kann es vorteilhaft sein, wenn bei kleinen Pulsbreiten zur Vermeidung eines Impuls-Gruppenbetriebes einem Eingang des Pulsweitenreglers ein zusätzliches, von der Steigung eines Rampensignals abhängiges Einschalt-Impulssignal überlagert wird.

Ein derartiges Einschalt-Impulssignal läßt sich vorzugsweise durch einen Kondensator erzeugen, über den die steile negative Flanke des Rampensignals auf das Abbild des Stroms des Schalttransistors eingekoppelt wird. Auf der anderen Seite besteht die vorteilhafte Möglichkeit, daß bei großen Pulsbreiten, und zwar kurz vor Erreichen der maximalen Pulsweitenbegrenzung, zur Vermeidung von Instabilitäten zusätzlich dem Eingang der Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung ein der Steigung des Rampensignals proportionales Signal überlagert wird.

Die Einkopplung dieses zur Stabilisierung dienenden Signals erfolgt vorzugsweise über einen zwischen den Rampensignalausgang und den Eingang der Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung geschalteten, weiteren Kondensator.

Darüber hinaus läßt sich gemäß weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung der Einfluß der Rückkopplung über einen im Rückkopplungszweig liegenden Widerstand durch die Spitzenspannung und die Pulsweite der an den Ausgängen des Pulsweitenreglers liegenden Pulsspannung bestimmen. Letztendlich ist es auch vorteilhaft, wenn der erste Ausgang und der zweite Ausgang des Pulsweitenreglers über diesen beiden Ausgängen nachgeschaltete Dioden am Eingang des Rückkopplungszweiges miteinander verknüpft sind.

Die Erfindung wird im Rahmen von Ausführungsbeispielen näher erläutert, wobei auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen wird.

Dabei zeigen:

Fig. 1 ein Schaltbild eines Regelkreises mit unterlagelter Stromschleife für die Spannungs- und Stromregelung in getakteten Netzgeräten;

Fig. 2 ein Blockschaltbild zu einer im wesentlichen aus einer Verstärkerstrecke, einer Regelungsvorrichtung und einem Pulsweitenregler bestehenden Schaltungsanordnung zum Regeln von Ausgangsspannung und -strom der Verstärkerstrecke;

Fig. 3 ein Schaltbild eines erfindungsgemäß ausgebildeten, elektronischen Pulsweitenreglers, der z. B. bei Schaltungsanordnungen nach Fig. 1 oder Fig. 2 eingesetzt werden kann.

Aus der Fig. 1 ist ein Schaltbild zu einer Schaltungsanordnung 90 eines Regelkreises ersichtlich, der für die Spannungs- und Stromregelung in einem getakteten Netzgerät dient. Der hier gezeigte Regelkreis entspricht dem Stand der Technik. Das getaktete Netzgerät weist eine Primärseite 71 sowie eine Sekundärseite 72 auf. An einer ersten Eingangsklemme 73 und an einer zweiten Eingangsklemme 74 auf der Primärseite 71 steht eine ankommende Gleichspannung  $U_G$ . Die Schaltungsanordnung der Primärseite 71 enthält ferner zwei Schalttransistoren 76 und 77 über welche die ankommende Gleichspannung  $U_G$  zerhackt und anschließend über einen Leistungsübertrager 75 auf die Sekundärseite 72 des Netzgerätes übertragen wird. Im Anschluß an den Leistungsübertrager 75 weist die Sekundärseite 72 noch Dioden 78 und 78' auf, ferner noch einen Induktivität 79, wobei diese Schaltelemente als Sieb- und Dämpfungsglieder dienen, um die auf der Sekundärseite 72 nunmehr vorhandene Gleichspannung in üblicher Weise einer Siebung und Dämpfung zu unterwerfen.

Letztendlich stehen an einer ersten Ausgangsklemme 91 sowie an einer zweiten Ausgangsklemme 92 der Sekundärseite 72, d. h. also praktisch am Ausgang des Netzgerätes eine Ausgangsspannung  $U_A$  sowie ein Ausgangsstrom  $I_A$  zur Verfügung, wobei es sich um die durch den Regelkreis gemäß Fig. 1 zu regelnden Größen  $U_A$  und  $I_A$  handelt. Zum Zwecke einer derartigen Regelung von Ausgangsspannung oder Ausgangsstrom weist nun die Schaltungsanordnung 90 gemäß Fig. 1 zunächst die folgenden Schaltungskomponenten auf: Einen mit der Sekundärseite 72 gekoppelten Stromverstärker 61 sowie einen ebenfalls mit der Sekundärseite 72 gekoppelten Spannungsverstärker 62. Somit werden dem Stromverstärker 61 die Ist-Werte des Ausgangsstromes  $I_A$  einerseits und dem Spannungsverstärker 62 die Ist-Werte der Ausgangsspannung  $U_A$  andererseits zugeführt, wobei diese jeweiligen Ist-Werte auf der Sekundärseite 72 des Netzgerätes abgegriffen werden.

Mit dem Stromverstärker 61 ist nun eine Referenzquelle 61' verbunden, welche einen Referenzstrom  $I_{ref}$  an den Stromverstärker 61 liefert. Andererseits ist mit dem Spannungsverstärker 62 eine Referenzquelle 62' verbunden, von welcher aus eine Referenzspannung  $U_{ref}$  an den Spannungsverstärker 62 geliefert wird. Die Werte des Referenzstromes bzw. der Referenzspannung werden in üblicher Weise z. B. aus Hilfsversorgungen gewonnen, beispielsweise dadurch, daß ein Potentiometer entsprechend eingestellt wird. Auf der anderen Seite ist aber auch eine externe Ansteuerung über einen Rampengenerator oder über einen D/A-Wandler oder dgl. möglich, um dem Stromverstärker 61 bzw. dem Spannungsverstärker 62 die erforderlichen Referenzen zur Verfügung zu stellen.

In dem Stromverstärker 61 wird infolgedessen der zu regelnde Ausgangsstrom  $I_A$  mit einem entsprechenden Referenzwert verglichen. Ebenfalls wird in dem Spannungsverstärker 62 die zu regelnde Ausgangsspannung  $U_A$  mit dem entsprechenden Referenzwert verglichen, so daß einerseits an einem Ausgang 61" des Stromverstärkers 61 ein Regelsignal  $x_i$  und andererseits an einem Ausgang 62" des Spannungsverstärkers 62 ein Regelsignal  $x_u$  steht. Bei diesen Regelsignalen  $x_i$  und  $x_u$  handelt es sich um die durch den Vergleich festgestellten Regelabweichungen.

Die beiden Regelsignale  $x_i$  und  $x_u$  werden sodann einer Oder-Schaltung 63 zugeführt und in dieser Oder-Schaltung 63 miteinander verknüpft, so daß entsprechend dem Soll-Arbeitspunkt auf die Größe  $x_u$  oder  $x_i$  geregelt wird.

Im Anschluß an die Oder-Schaltung 63 wird das resultierende und vorhandene Regelsignal, d. h., entweder das Regelsignal  $x_i$  oder  $x_u$ , auf einen ersten Eingang 67 (positiver Eingang) eines Komparators 70 gegeben. Der zweite Eingang 68 (negativer Eingang) des Komparators 70 wird mit einem dem Schalterstrom  $I_p$  im Primärkreis, d. h. auf der Primärseite 71, proportionalen Signal beaufschlagt, welches von einer unterlagerten Stromschleife 60 herrührt. Diese unterlagerte Stromschleife 60 ist mit der Primärseite 71 über einen Transformator 60' gekoppelt, wobei der Schalterstrom  $I_p$  an einem ersten Abgriffpunkt 64 sowie an einem zweiten Abgriffpunkt 65 auf der Primärseite 71 abgegriffen wird. Das Schaltbild einer derartigen unterlagerten Stromschleife ist im einzelnen noch aus der Fig. 3 ersichtlich. In der Fig. 1 ist dargestellt, daß an einem Ausgang 66 der unterlagerten Stromschleife 60 das dem Schalterstrom  $I_p$  im Primärkreis proportionale Signal steht, welches sodann über eine Leitung 66' dem zweiten Eingang 68 des Komparators 70 zugeführt wird.

In diesem Komparator 70 wird somit das über seinen ersten Eingang 67 zugeführte Regelsignal mit dem über seinen zweiten Eingang 68 zugeführten Signal verglichen und aus diesem Vergleich resultiert die für diesen Arbeitspunkt benötigte Pulsbreite des nachfolgend zu erzeugenden Steuersignales für die Schalttransistoren 76 und 77 auf der Primärseite 71 des getakteten Netzgerätes.

Zu diesem Zweck ist ein Ausgang 69 des Komparators 70 mit einem Eingang 81 eines Pulsweitenreglers 80 verbunden, so daß diesem Pulsweitenregler 80 (PWM) das Ausgangssignal des Komparators 70 zugeleitet wird. In diesem Pulsweitenregler 80 wird nunmehr die für den Soll-Arbeitspunkt benötigte Pulsweite des Steuersignals für die Schalttransistoren 76 und 77 eingestellt, wobei dieses Steuersignal beispielsweise eine konstante Frequenz von 100 kHz aufweist. Das resultierende Steuersignal wird von einem ersten Ausgang 82 sowie einem zweiten Ausgang 83 des Pulsweitenreglers 80 aus zu einem ersten Steuersignaleingang 84 sowie zu einem zweiten Steuersignaleingang 85 der Primärseite 71 des Netzgerätes geleitet, so daß das Steuersignal anschließend für eine entsprechende Steuerung der Schalttransistoren 76 und 77 weiterverarbeitet werden kann, wie dies an sich bekannt ist.

Letztendlich stehen auf der Ausgangsseite der Schaltungsanordnung 90 gemäß Fig. 1 die geregelte Ausgangsspannung  $U_A$  bzw. der geregelte Ausgangsstrom  $I_A$  in der gewünschten Größe und Form zur Verfügung.

Derartige Regelkreise — wie im vorangehenden geschildert — sind so lange relativ gut brauchbar, als sie in getakteten Netzgeräten bzw. in Konstantern einfacher Bauart eingesetzt werden, welche einen verhältnismäßig engen Regel- oder Einstellbereich für den Strom und die Spannung aufweisen.

Beim Einsatz von solchen bekannten Regelkreisen in Geräten mit verhältnismäßig weitem Einstellbereich für Spannung und Strom tritt nun das Problem auf, daß die Verstärkung der Regelstrecke weite Veränderungen erfährt. Besonders groß sind solche Veränderungen oder Schwankungen, wenn der Ausgang für eine Leistungskennlinie ausgelegt ist, beispielsweise mit einer zu begrenzenden Ausgangsleistung von 1000 W mit weitem

Einstellbereich für Spannung und Strom.

Infolgedessen kann die Verstärkung bei extremen Arbeitspunkten bis zu 30 dB schwanken. In solchen Fällen entstehen erhebliche Stabilitätsprobleme, die mittels Regelkreisen herkömmlicher Art nicht mehr bewältigt werden.

Fig. 2 zeigt nun ein Blockschaltbild eines Regelkreises, welcher in der Weise schaltungsmaßig ausgebildet ist, daß die im vorangehenden geschilderten Stabilitätsprobleme gelöst werden können.

Die Schaltungsanordnung gemäß Fig. 2 weist im wesentlichen eine Verstärkerstrecke 40, eine Regelungsvorrichtung 44 sowie einen Pulsweitenregler 10 auf. In entsprechender Weise, wie dies bereits anhand Fig. 1 erläutert wurde, übernimmt der Pulsweitenregler 10 die Aufgabe der Erzeugung von Steuersignalen für die Ansteuerung von Schalttransistoren innerhalb der Verstärkerstrecke 40, so daß wiederum Ausgangsspannung  $U_A$  und Ausgangsstrom  $I_A$  auf der Ausgangsseite der Verstärkerstrecke 40 in entsprechender Weise eingestellt bzw. geregelt werden können. Im einzelnen werden der Regelungsvorrichtung 44 über einen ersten Eingang 47 die Ist-Werte von Spannung und Strom sowie über einen zweiten Eingang 47' die Soll-Werte für Spannung und Strom zugeführt. An einem Ausgang 49 der Regelungsvorrichtung 44 stehen sodann die durch Soll-/Ist-Wert-Vergleich gewonnenen Regelsignale  $x_i$  sowie  $x_u$ , welche über eine Leitung 48 zu einem ersten Eingang 45 des Pulsweitenreglers 10 geschickt werden.

Die Schaltungs-Details eines solchen elektronischen Pulsweitenreglers 10 sind im einzelnen aus der Fig. 3 ersichtlich. Im wesentlichen weist der Pulsweitenregler 10 einen Taktgenerator 15 auf, dessen Takteingang 18 durch eine vorgebbare Taktfrequenz ansteuerbar ist. Die ausgangsseitige Pulsweite des Pulsweitenreglers 10 ist von einem an einem weiteren Eingang 19 des Taktgenerators 15 anliegenden Ausgangssignal einer Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung 4 abhängig, die über ein Gegenkopplungsnetzwerk gekoppelt ist. Die von einem ersten Ausgang 20 und einem zweiten Ausgang 21 des Taktgenerators 15 gewonnenen Ausgangssignale werden als Schalter-Ansteuerungssignale von dem Pulsweitenregler 10 aus, wie dies nunmehr wiederum aus der Schaltungsanordnung gemäß Fig. 2 ersichtlich ist, über eine Leitung 50 sowie über einen Eingang 41 der nachgeordneten Verstärkerstrecke 40 zugeführt. Im Unterschied zum Stand der Technik ist nun bei der Schaltungsanordnung gemäß Fig. 2 vorgesehen, daß von dem Eingang 41 oder von einem Ausgang 42 der Verstärkerstrecke 40 oder aus der Verstärkerstrecke heraus ein Rückkopplungsweig zu einem Eingang 46 der im Pulsweitenregler 10 enthaltenen Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung 4 (Fig. 3) zusätzlich vorgesehen ist. In der Fig. 2 sind diese drei Möglichkeiten der zusätzlichen Rückkopplung angedeutet, und zwar eine erste Möglichkeit eines Rückkopplungsweiges, bei welcher von dem Eingang 41 der Verstärkerstrecke 40 Leitungen 51 und 54 zu dem Eingang 46 des Pulsweitenreglers 10 zurückführen, ferner eine zweite Möglichkeit, gemäß der ein Rückkopplungsweig dadurch gebildet ist, daß von dem Ausgang 42 der Verstärkerstrecke 40 Leitungen 55, 56, 53 und 54 zu dem Eingang 46 führen; schließlich besteht eine dritte Möglichkeit darin, daß aus der Verstärkerstrecke 40 selbst heraus, genauer gesagt von einem im Einzelfalle zu definierenden Signalabgriff 43 in der Verstärkerstrecke 40 ausgehend, ein Rückkopplungsweig mit den Leitungen 52, 53 und 54 zu dem Eingang 46 des Pulsweitenreglers 10 gebildet ist.

Aufgrund derartiger (alternativ wählbarer) Rückkopplungs-Schaltungsmaßnahmen wird erreicht, wie im folgenden anhand der Schaltungsanordnung gemäß Fig. 3 erläutert wird, daß das an einem Ausgang 3 der Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung 4 vorliegende Signal eine Sägezahnfunktion ist, deren Steigung von der Pulsweite der Ausgangssignale des Taktgenerators 15 abhängig ist.

Die erfindungsgemäßen Schaltungsmaßnahmen führen, wie weiter unten noch näher erläutert wird, zu einer Beruhigung innerhalb der Verstärkerstrecke und damit praktisch zu einer Vermeidung von Stabilitätsproblemen, selbst dann, wenn von vornherein bei den zugehörigen Netzgeräten ein weiter Einstell- bzw. Regelbereich für Spannung und Strom gewählt wird.

Aus dem Schaltbild nach Fig. 3 ergeben sich u. a. Einzelheiten des elektronischen Pulsweitenreglers 10, welcher an sich in bekannter IC-Schaltungstechnik aufgebaut ist.

Der Pulsweitenregler 10 enthält außer dem bereits obenerwähnten Taktgenerator 15 einen Fehler-Verstärker 13 sowie einen Komparator 14. Der Fehler-Verstärker 13 und der Komparator 14 bilden gemeinsam die Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung 4. Der Fehler-Verstärker 13 weist zwei Eingänge 1 und 2 auf, nämlich einen ersten, invertierenden Eingang 1 sowie einen zweiten Eingang 2.

Der Ausgang des Fehler-Verstärkers 13 ist mit 13' bezeichnet. Von diesem Ausgang 13' führt eine Leitung 9 zu einem ersten Eingang 14' des Komparators 14. Von einem Leitungspunkt 9' der Leitung 9 aus führt eine abgezwigte Leitung 9'' zu einem Ausgang 3 der Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung 4. Es ist ferner ein Eingang 7 vorgesehen, von welchem aus eine Leitung 7' zu einem zweiten Eingang 14'' des Komparators 14 führt. Ein Ausgang 14''' des Komparators 14 ist über eine Leitung 19' mit dem zweiten Eingang 19 des Taktgenerators 15 verbunden. Weiterhin ist ein Frequenzgenerator 8 vorgesehen, von welchem aus ein Eingang 17 des Pulsweitenreglers 10 mit einer festen, vorgegebenen Taktfrequenz ansteuerbar ist. Dieser Eingang 17 ist über eine Leitung 17' mit dem Takteingang 18 des Taktgenerators 15 verbunden.

Ferner führt der erste Ausgang 20 des Taktgenerators 15 zu einem ersten Ausgang 11 des Pulsweitenreglers 10, d. h. zu dem Q-Ausgang 11, während der zweite Ausgang 21 des Taktgenerators 15 zu dem zweiten Ausgang 12 des Pulsweitenreglers 10, d. h. zu dem  $\bar{Q}$ -Ausgang 12 führt. An einem Anschluß  $U_0$ ' des Pulsweitenreglers 10 steht die Versorgungsspannung für den Taktgenerator 15.

Wie sich aus der Fig. 3 weiterhin ergibt, ist die Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung 4 über ein Gegenkopplungsnetzwerk 16 gekoppelt, wobei dieses Gegenkopplungsnetzwerk 16 eine Kapazität C1 sowie einen parallel geschalteten Widerstand R1 aufweist und einerseits an den Ausgang 3 der Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung 4 und andererseits über eine Leitung 30 an den invertierenden Eingang 1 des Fehler-Verstärkers 13 angeschlossen ist.

Derartige Gegenkopplungen sind bei Operationsverstärkern an sich bekannt.

Entsprechend der Schaltungsanordnung gemäß Fig. 1 werden die aus dem Soll/Ist-Wert-Vergleich gewonnenen Regelsignale  $x_i$  oder  $x_u$  über eine einen Widerstand R2 enthaltende Leitung 31 zu dem invertierenden Eingang 1 des Fehler-Verstärkers 13 geleitet.

Die Schaltungsanordnung gemäß Fig. 3 enthält wie-

derum die bereits anhand der Fig. 1 erläuterte, unterlagerte Stromschleife 60, welche ein Schalterstrom  $I_p$  im Primärkreis proportionales Signal liefert. Zu diesem Zweck ist die unterlagerte Stromschleife 60 wiederum mit einem ersten Abgriffpunkt 64 sowie einem zweiten Abgriffpunkt 65 der Primärseite gekoppelt, in analoger Weise, wie dies bereits in Fig. 1 dargestellt ist.

Im übrigen enthält die unterlagerte Stromschleife 60 als weitere Schaltungskomponenten Widerstände R5, R6, R7, R8 sowie einen Kondensator C2. Die Funktion derartiger unterlagelter Stromschleifen ist an sich bekannt.

Von der unterlagerten Stromschleife 60 aus führt eine Leitung 66' (entsprechend der Darstellung gem. Fig. 1) zu einem Eingang 7 des Pulsweitenmodulators 10, welcher seinerseits über die Leitung 7' mit dem zweiten Eingang 14'' des Komparators 14 verbunden ist. Ferner ist der invertierende Eingang 1 des Fehler-Verstärkers 13 über eine Leitung 33 mit einem Widerstand R4 verbunden, welcher seinerseits an Masse liegt.

Bei der Schaltungsanordnung nach Fig. 3 ist nun zusätzlich ein Rückkopplungszweig für den Pulsweitenregler 10 vorgesehen, wobei die Ausgänge des Pulsweitenreglers 10 (Q-Ausgang 11,  $\bar{Q}$ -Ausgang 12) derart auf den invertierenden Eingang 1 des Fehler-Verstärkers 13 rückgekoppelt sind, daß am Ausgang 3 des Fehler-Verstärkers bzw. der Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung 4 ein Signal in Gestalt einer Sägezahnfunktion entsteht, dessen Steigung von der Pulsweite der Ausgangssignale des Taktgenerators 15 abhängig ist.

Im einzelnen besteht dieser Rückkopplungszweig darin, daß von einer ersten Abzweigung 22 im Anschluß an den Ausgang 11 und von einer zweiten Abzweigung 23 im Anschluß an den Ausgang 12 des Pulsweitenreglers 10 parallel liegende Leitungen 26 und 27 zu einer weiteren Leitung 28 führen, wobei in die Leitung 26 eine Diode D1 und parallel hierzu in die Leitung 27 eine Diode D2 geschaltet sind. Die Leitung 28 führt sodann zu einem Widerstand R3, an welchen sich eine weitere Leitung 29 anschließt, die zu dem invertierenden Eingang 1 des Fehler-Verstärkers 13 zurückführt. Mit der Leitung 28 ist noch ein parallel zu den Dioden D1 und D2 geschalteter Abschlußwiderstand R9 verbunden, und zwar an einem Einkopplungspunkt U', womit das Einkoppelsignal bezeichnet ist.

Aufgrund dieser Rückkopplung zwischen dem Ausgang des Pulsweitenmodulators 10 und dem invertierenden Eingang 1 des Fehler-Verstärkers 13 ergibt sich eine Beruhigung innerhalb der nachfolgenden Regelstrecke, d. h. der Regelstrecke, die sich an den Ausgang des Pulsweitenmodulators 10 anschließt, wobei durch die erfindungsgemäßen Schaltungsmaßnahmen die Verstärkungsänderungen der Strecke verringert wird, wodurch sich die angestrebte Stabilitätssteigerung ergibt.

Vorzugsweise besteht das durch den zusätzlichen Rückkopplungszweig, wie oben erläutert, gewonnene Einkoppelsignal am invertierenden Eingang 1 der Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung 4 aus rechteckigen Impulsen mit einer festen Taktperiode und variabler Pulsbreite.

Der Einfluß der Rückkopplung läßt sich über den im Rückkopplungszweig liegenden Widerstand R3 durch die Spitzenspannung und die Pulsweite der an den Ausgängen 11 und 12 des Pulsweitenreglers 10 liegenden Pulsspannung bestimmen. Wie Fig. 3 ferner zeigt, sind der Q-Ausgang 11 und der  $\bar{Q}$ -Ausgang 12 des Pulsweitenreglers 10 über die beiden, in den Leitungen 26 und 27 liegenden Dioden D1 und D2 am Eingang des Rück-

kopplungszweiges miteinander verknüpft. Bei diesen Dioden D1 und D2 kann es sich auch um steuerbare Halbleiter handeln, über welche die Ausgänge 11 und 12 des Pulsweitenreglers 10 miteinander verknüpft sind. Darüber hinaus ergibt sich aus der Fig. 3, daß zusätzlich noch ein Rampensignalgenerator 5 vorgesehen sein kann, dessen Signale zu einem Rampensignalausgang 6 des Pulsweitenreglers 10 gegeben werden. Der Rampensignalausgang 6 ist über eine Leitung 34 mit einem Kondensator C3 verbunden, von welchem andererseits aus eine Verbindungsleitung zur Leitung 66' zu dem Eingang 7 führt. Aufgrund dieser zusätzlichen Schaltungsmaßnahmen kann bei kleinen Pulsbreiten zur Vermeidung eines Impuls-Gruppenbetriebes dem Eingang 7 des Pulsweitenreglers 10 ein zusätzliches, von der Steigung des Rampensignales 6 abhängiges Einschalt-Impuls-Signal überlagert werden. Dieses Einschalt-Impuls-Signal wird durch den Kondensator C3 erzeugt, über welchen die steile negative Flanke des Rampensignals 6 auf das Abbild des Stroms des Schalttransistors eingekoppelt wird. Darüber hinaus kann auch noch vorgesehen sein, daß bei großen Pulsbreiten, und zwar kurz vor Erreichen der max. Pulsweitenbegrenzung zur Vermeidung von Instabilitäten zusätzlich dem invertierenden Eingang 1 des Fehler-Verstärkers 13 ein Signal überlagert wird, welches der Steigung des Rampensignals am Rampensignalausgang 6 proportional ist. Zu diesem Zweck ist ein weiterer Kondensator C4 vorgesehen, welcher in eine zwischen den Rampensignalausgang 6 und den invertierenden Eingang 1 des Fehler-Verstärkers 13 gelegte Leitung 32 geschaltet ist und zur Einkopplung des zur Stabilisierung dienenden Signales in den Eingang 1 dient.

Schließlich ergibt sich aus der Fig. 3 noch, daß der Pulsweitenregler 10 ausgangsseitig eine erste Ausgangs-Klemme 24 sowie eine zweite Ausgangs-Klemme 25 aufweist, an welche sich, übertragen auf die Schaltungsanordnung gemäß Fig. 1, die Steuersignaleingänge 84 und 85 der Primärseite 71 eines getakteten Netzgerätes anschließen, wenn davon ausgegangen wird, daß nunmehr der Pulsweitenregler 80 gemäß Fig. 1 durch den Pulsweitenregler 10 gemäß Fig. 3 ersetzt wird.

#### Bezugszeichenliste

- 1 invertierender Eingang (von 13)
- 2 Eingang (von 13)
- 3 Ausgang (von 4)
- 4 Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung
- 5 Rampengenerators
- 6 Rampensignalausgang
- 7 Eingang
- 7' Leitung
- 8 Frequenzgenerator
- 9 Leitung
- 9' Leitungspunkt
- 9'' Leitung
- 10 Pulsweitenregler
- 11 Q-Ausgang
- 12  $\bar{Q}$ -Ausgang
- 13 Fehler-Verstärker
- 13' Ausgang (von 13)
- 14 Komparator
- 14' 1. Eingang (von 14)
- 14'' 2. Eingang (von 14)
- 14''' Ausgang (von 14)
- 15 Taktgenerator
- 16 Gegenkopplungsnetzwerk

17 Eingang für feste Taktfrequenz  
 17' Leitung  
 18 Takteingang (von 15)  
 19 2. Eingang (von 15)  
 19' Leitung  
 20 1. Ausgang (von 15)  
 21 2. Ausgang (von 15)  
 22 1. Abzweigung (von 11)  
 23 2. Abzweigung (von 12)  
 24 1. Ausgangsklemme (von 10)  
 25 2. Ausgangsklemme (von 10)  
 26 Leitung  
 27 Leitung  
 28 Leitung  
 29 Leitung  
 30 Leitung  
 31 Leitung  
 32 Leitung  
 33 Leitung  
 34 Leitung  
 40 Strecke  
 41 Eingang (von 40)  
 42 Ausgang (von 40)  
 43 Signalabgriff (aus der Verstärkerstrecke 40)  
 44 Regelungsvorrichtung  
 45 1. Eingang (von 10)  
 46 2. Eingang (von 10)  
 47 1. Eingang (von 44)  
 47' 2. Eingang (von 44)  
 48 Leitung  
 49 Ausgang (von 44)  
 50 Leitung  
 51 Leitung  
 52 Leitung  
 53 Leitung  
 54 Leitung  
 55 Leitung  
 56 Leitung  
 60 unterlagerte Stromschleife  
 60' Transformator  
 61 Stromverstärker  
 61' Referenzquelle (für  $I_{ref}$ )  
 62 Spannungsverstärker  
 62' Referenzquelle (für  $U_{ref}$ )  
 61'' Ausgang (von 61)  
 62'' Ausgang (von 62)  
 63 Oder-Schaltung  
 64 1. Abgriffspunkt (der Primärseite)  
 65 2. Abgriffspunkt (der Primärseite)  
 66 Ausgang (von 60)  
 66' Leitung  
 67 1. Eingang (von 70)  
 68 2. Eingang (von 70)  
 69 Ausgang (von 70)  
 70 Komparator  
 71 Primärseite  
 72 Sekundärseite  
 73 1. Eingangsklemme (von 71)  
 74 2. Eingangsklemme (von 71)  
 75 Leistungsübertrager  
 76 Schalttransistor  
 77 Schalttransistor  
 78 Diode  
 78' Diode  
 79 Induktivität  
 80 Pulsweitenregler  
 81 Eingang (von 80)  
 82 1. Ausgang (von 80)

83 2. Ausgang (von 80)  
 84 1. Steuersignalleitung (von 71)  
 85 2. Steuersignalleitung (von 71)  
 90 Schaltungsanordnung eines Regelkreises  
 91 1. Ausgangsklemme (von 72)  
 92 2. Ausgangsklemme (von 72)

# Patentansprüche

1. Elektronischer Pulsweitenregler, insbesondere zum Einsatz in strom- und spannungsgeregelten Netzgeräten mit einem Taktgenerator, dessen Takteingang durch eine vorgebbare Taktfrequenz ansteuerbar ist, wobei die ausgangsseitige Pulsweite von einem an einem Eingang des Taktgenerators anliegenden Ausgangssignal einer Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung abhängig ist, die über ein Gegenkopplungsnetzwerk gegengekoppelt ist, und wobei die von den Ausgängen des Taktgenerators gewonnenen Ausgangssignale als Schalter-Ansteuerungssignale einer nachgeordneten Verstärkerstrecke zuführbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß vom Eingang (41) oder Ausgang (42) der Strecke (40) oder aus der Strecke (40) heraus ein Rückkopplungsweig (51, 54 bzw. 55, 56, 53, 54 bzw. 52, 53, 54) zu einem Eingang (1; 46) der im Pulsweitenregler (10) enthaltenen Fehlerverstärker-Vergleichs-Schaltung (4) zusätzlich vorgesehen ist, derart, daß das an einem Ausgang (3) der Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung (4) vorliegende Signal eine Sägezahnfunktion ist, deren Steigung von der Pulsweite der Ausgangssignale des Taktgenerators (15) abhängig ist.
2. Pulsweitenregler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das durch den zusätzlichen Rückkopplungsweig gewonnene Einkoppelsignal am Eingang (1) der Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung (4) aus rechteckigen Impulsen mit fester Taktperiode und veränderlicher Pulsweite besteht.
3. Pulsweitenregler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die negative Flanke der Sägezahnfunktion wesentlich steiler als die positive Flanke ist.
4. Pulsweitenregler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zusätzliche Rückkopplungsweig steuerbare Halbleiter enthält, über die die Ausgänge (11, 12) des Pulsweitenreglers (10) miteinander verknüpft sind.
5. Pulsweitenregler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei kleinen Pulsbreiten zur Vermeidung eines Impulsgruppenbetriebes einem Eingang (7) des Pulsweitenreglers (10) ein zusätzliches, von der Steigung eines Rampensignales (6) abhängiges Einschalt-Impulssignal überlagert wird.
6. Pulsweitenregler nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Einschalt-Impulssignal durch einen Kondensator (C 3) erzeugt wird, über den die steile negative Flanke des Rampensignals (6) auf das Abbild des Stroms des Schalttransistors (77) eingekoppelt wird.
7. Pulsweitenregler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei großen Pulsbreiten, kurz vor Erreichen der maximalen Pulsweitenbegrenzung zur Vermeidung von Instabilitäten, zusätzlich dem Eingang (1) der Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung (4) ein der Steigung des Rampensignals (6) proportionales Si-

gnal überlagert wird.

8. Pulsweitenregler nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Einkopplung des zur Stabilisierung dienenden Signals über einen zwischen den Rampensignalausgang (6) und den Eingang (1) der Fehler-Verstärker-Vergleichs-Schaltung (4) geschalteten Kondensator (C 4) erfolgt.

9. Pulsweitenregler nach einem der Ansprüche 4—8, dadurch gekennzeichnet, daß der Einfluß der Rückkopplung über einen im Rückkopplungszweig liegenden Widerstand (R 3) durch die Spitzenspannung und die Pulsweite der an den Ausgängen (11, 12) des Pulsweitenreglers (10) liegenden Pulsspannung bestimmt wird.

10. Pulsweitenregler nach einem der Ansprüche 4—9, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang (Q-Ausgang 11) und der Ausgang (Q-Ausgang 12) des Pulsweitenreglers (10) über diesen Ausgängen (11, 12) nachgeschaltete Dioden (D1, D2) am Eingang des Rückkopplungszweigs miteinander verknüpft sind.

11. Anwendung eines elektronischen Pulsweitenreglers nach einem der Ansprüche 1—10 bei Strom- und/oder Spannungs-Konstantern, insbesondere für Labor- oder Einbau-Stromversorgungen.

12. Anwendung eines elektronischen Pulsweitenreglers nach einem der Ansprüche 1—10 bei elektronischen Motor-Steuerungen.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

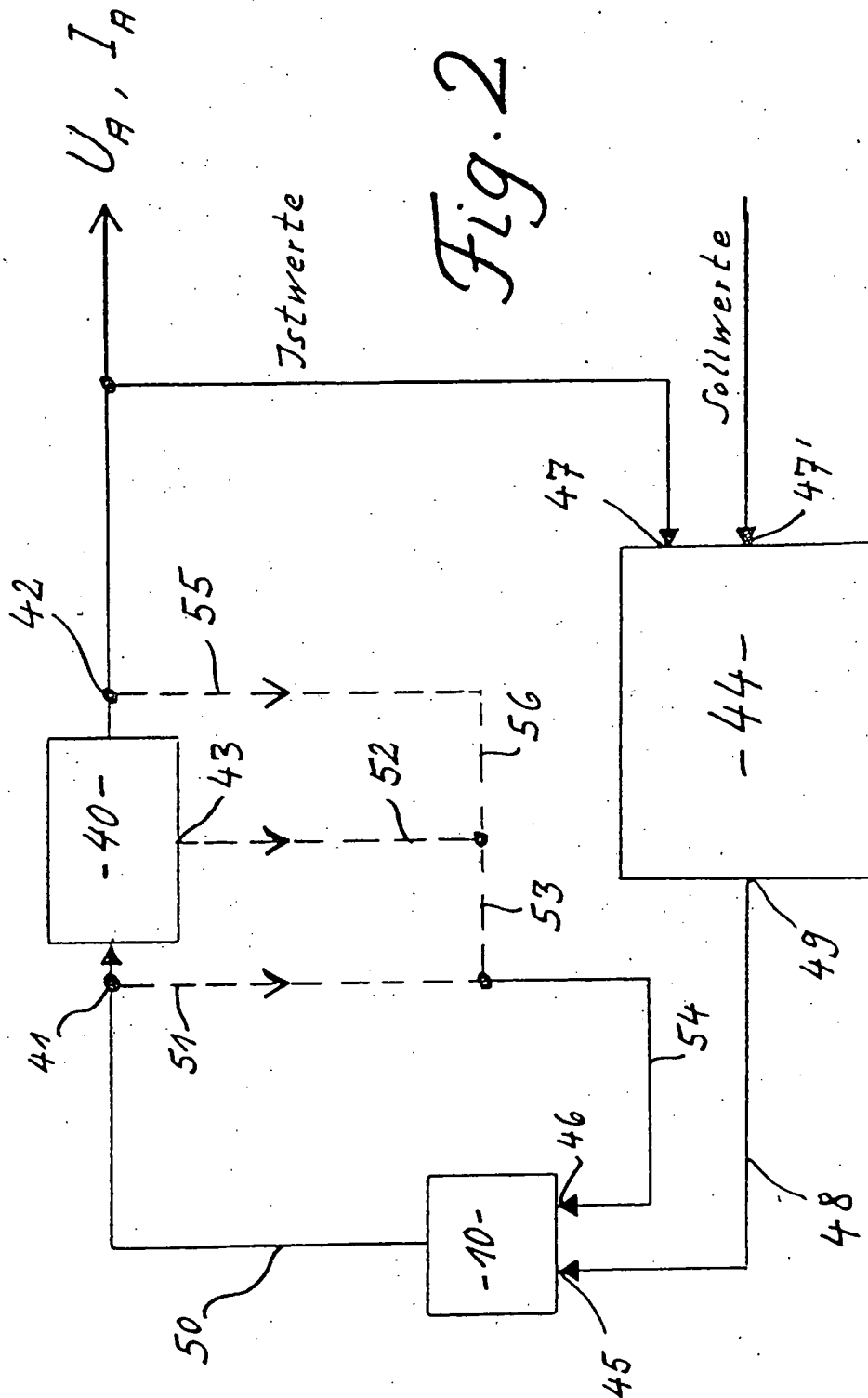
55

60

65







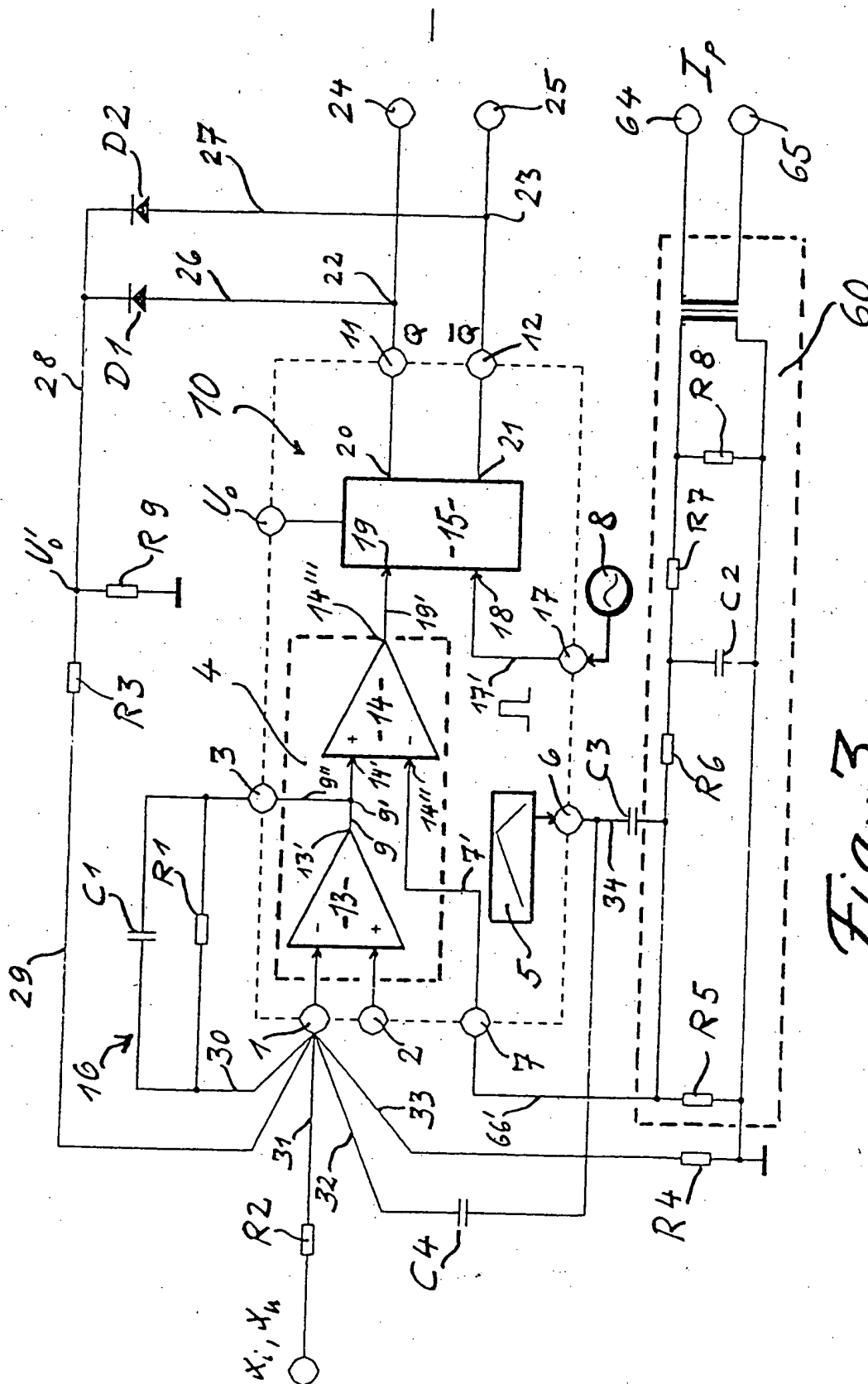




Fig. 3

## Switching power supply with regulated output voltage

**Patent number:** DE10019329  
**Publication date:** 2001-10-25  
**Inventor:** MAST JOCHEN (DE); SCHRAMM ROBERT (DE);  
ZEHNICH PAUL (DE); HEINEMANN LOTHAR (DE)  
**Applicant:** ABB PATENT GMBH (DE)  
**Classification:**  
- international: H02M3/00; H02M3/28  
- european: H02M3/335C4  
**Application number:** DE20001019329 20000419  
**Priority number(s):** DE20001019329 20000419

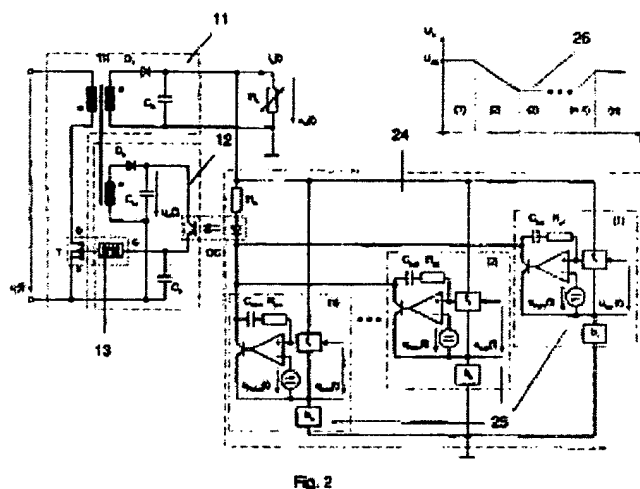
Also published as:

 EP1148626 (A2)  
 EP1148626 (A3)

Abstract not available for DE10019329

Abstract of correspondent: **EP1148626**

A power part (11), a control circuit (12) and a control-regulating device (24) form the control circuit's input signal that is regulated by depending on an output DC current ( $I_A$ ) in a combinational circuit. The control-regulating device has a number ( $n$ ) of control steps (25), whose outputs are connected in parallel to form an input signal.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**